

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Heat Exchanger*

Heat exchanger merupakan salah satu perangkat penting yang banyak digunakan dalam industri kimia untuk proses pemanasan atau pendinginan cairan (Ismail dkk, 2015). Secara prinsip, ia dapat mengubah suhu air dalam tanki *heat exchanger* sebagai variabel yang dikontrol. Dalam penelitian ini penulis menggunakan model *test-rig heat exchanger* dengan merujuk fungsi alih berikut ini:

$$G_p = \frac{1}{30s+1} \quad (2.1)$$

2.2 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi rotor-nya akan diinformasikan kembali ke rangkaian control yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Bentuk motor servo ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Motor Servo MG90S

2.3 Sensor Suhu LM35DZ

Sensor suhu LM35DZ adalah komponen elektronik yang memiliki fungsi mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. LM35DZ memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mVolt/°C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam celcius. Ketepatan atau akurasi kalibrasi LM35DZ yaitu 0,5°C pada suhu 25°C dan rentang jangkauan maksimal operasi suhu antara -0°C sampai +100°C. Lalu mampu bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt dengan arus rendah yaitu kurang dari 60μA. Sensor Suhu LM35DZ nampak pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Sensor Suhu LM35DZ

2.4 Sensor Aliran Air YF-S402

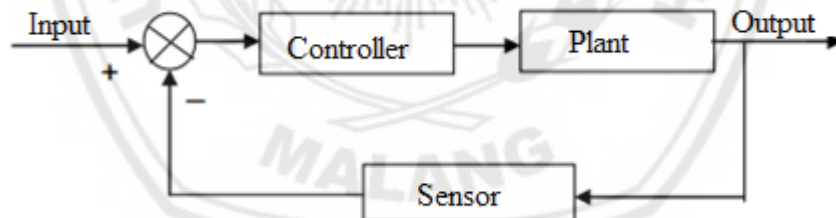
Sensor aliran air adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur debit air yang mengalir dalam satuan liter. Sensor ini terdiri dari katup plastik, rotor air dan sensor hall efek. Prinsip kerjanya, air mengalir melalui katup dan akan membuat rotor magnet berputar dengan kecepatan tertentu sesuai dengan tingkat aliran air yang mengalir. Medan magnet yang terdapat pada rotor akan memberikan efek pada sensor hall efek dan akan menghasilkan sebuah sinyal pulsa berupa tegangan *Pulse Witdh Modulator*. Sensor aliran yf-s402 nampak pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sensor Aliran Air YF-S402

2.5 Kontrol Feedback

Sistem kontrol *loop* tertutup adalah sistem control yang sinyal *output*-nya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Sistem kontrol *loop* tertutup juga merupakan sistem kontrol *feedback*. Sinyal kesalahan aktuator, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal *feedback*. Diumpangkan ke kontroler untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan. Dengan kata lain, istilah “*loop* tertutup” berarti menggunakan aksi *feedback* untuk memperkecil kesalahan sistem. Blok kontrol *feedback* nampak pada Gambar 2.4.

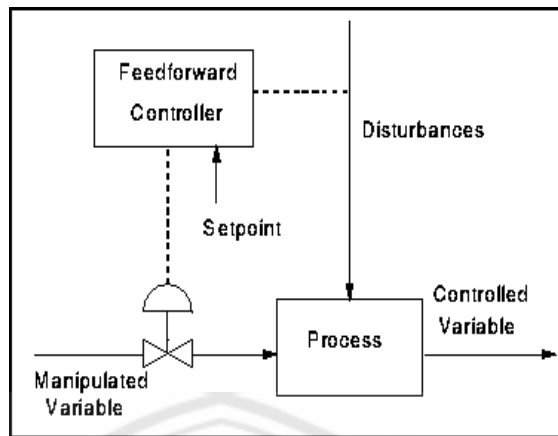


Gambar 2.4 Sistem Loop Tertutup (Kontrol feedback)

2.6 Kontrol Feedforward

Kontrol *feedforward* adalah sistem yang menanggapi gangguan dengan cara mengukur gangguan secara langsung pada variabel masukan. Syarat yang diperlukan untuk menerapkan skema kontrol *feedforward*, yaitu gangguan tersebut harus dapat diukur, pengaruh gangguan ke keluaran dari sistem harus diketahui dan waktu yang diperlukan gangguan untuk mempengaruhi keluaran harus lebih lama

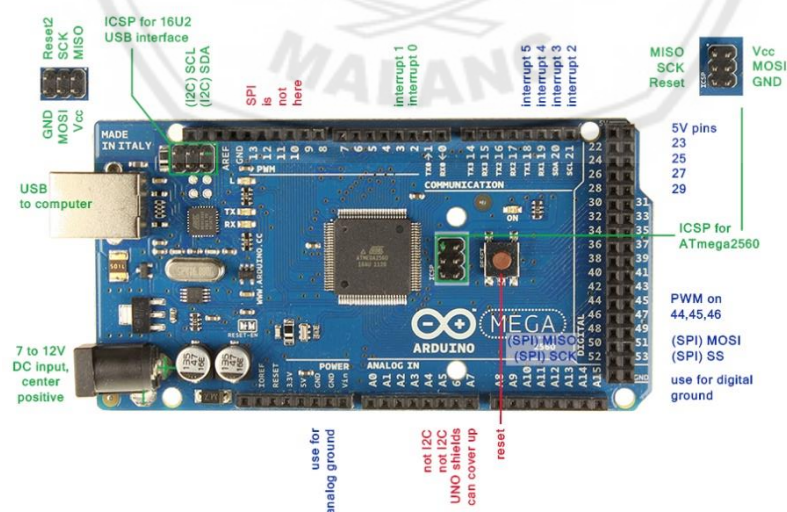
dari waktu yang diperlukan kontroler *feedforward* untuk mempengaruhi keluaran. Gambar 2.5 menunjukkan skema kontrol *feedforward*.



Gambar 2.5 Kontrol Feedforward

2.7 Arduino Mega2560

Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega2560. Arduino Mega2560 memiliki 54 digital pin *input/output*, dimana 6 pin digunakan sebagai output PWM, 16 pin analog, 16 MHz resonator keramik, koneksi USB, jack catu daya eksternal, header ICSP, dan tombol reset. Ini semua berisi hal-hal yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler; sederhana saja, hanya dengan menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan dengan adaptor AC-DC dan atau baterai untuk memulai menggunakan papan arduino.

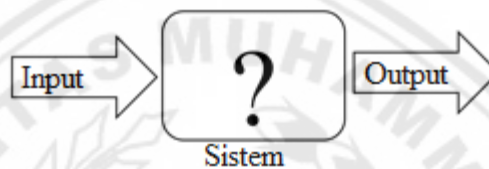


Gambar 2.6 Ardunio Mega2560

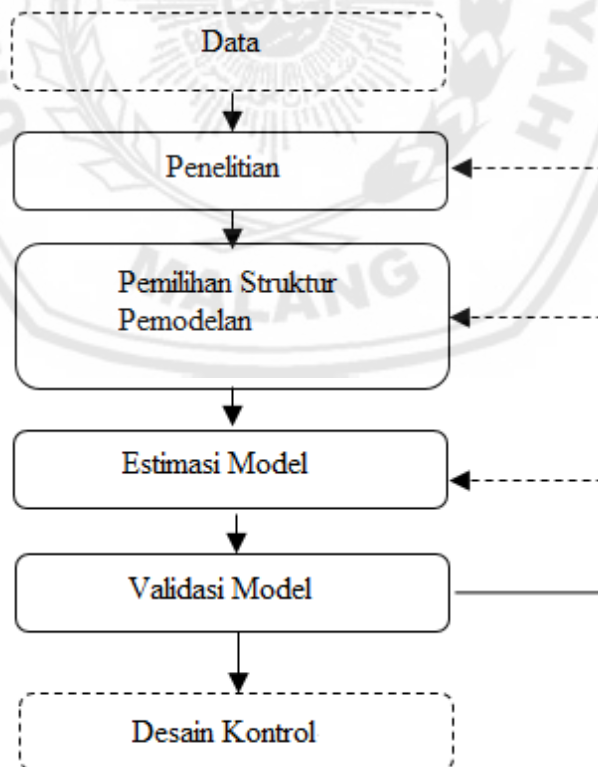
Pada Gambar 2.6 menunjukkan secara detail konfigurasi dari PIN-PIN Arduino Mega2560. Arduino pada penelitian ini dipakai sebagai antar muka antara *software* MATLAB dengan *plant* pengendali suhu *heat exchanger* yang akan dikontrol.

2.8 Identifikasi Sistem

Identifikasi sistem adalah suatu metode untuk menentukan pemodelan matematis dari sebuah sistem dinamis yang parameteranya tidak diketahui dengan cara pengolahan data *input* dan *output* dari sistem tersebut. Secara umum proses identifikasi sistem seperti pada Gambar 2.7 dan 2.8 berikut.



Gambar 2.7 Identifikasi Sistem



Gambar 2.8 Flowchart Identifikasi Sistem

2.8.1 Pengambilan Data

Proses identifikasi sistem memerlukan pengambilan data *input-output*. Data *input-output* diperlukan untuk proses identifikasi dari sebuah sistem, data ini biasanya berupa data dengan kawasan waktu dan frekuensi.

2.8.2 Penelitian

Penelitian dilakukan dalam dua langkah. Pada langkah pertama, penelitian pendahuluan seperti menentukan jenis respon yang digunakan dan langkah yang kedua dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dasar dengan karakteristik yang penting dari sebuah sistem.

2.8.3 Pemilihan Struktur Pemodelan

Pemilihan struktur pemodelan digunakan untuk menentukan pengaturan poin dimana estimasi model dilakukan. Dalam *sistem identification toolbox* struktur pemodelan yang paling umum digunakan adalah model *transfer function*.

$$Y(s) = \frac{Num(s)}{Den(s)} U(s) \quad (2.3)$$

Dimana Y dan U adalah pernyataan *input* dan *output*, dalam penelitian ini jenis pemodelan *transfer function* yang digunakan dengan zeros bernilai 1 dan poles bernilai 2.

2.8.4 Estimasi Model

Estimasi model adalah prosedur mencocokkan model dengan struktur model tertentu. Struktur model disini seperti model linier dan model dengan struktur parameter tertentu misalnya, model fisika, model ARX. Selain model linier parametrik, model linier dapat terdiri juga berasal dari fungsi pembobotan atau fungsi transfer dalam bentuk respon frekuensi. Estimasi bertujuan untuk memperoleh model parameter tertentu dan untuk memperkirakan hubungan *input-output* dalam bentuk *transfer function* (TF).

Nilai ketepatan atau *best fit* diperoleh dari perbandingan data validasi *output* dan respon *output* dari pemodelan dengan rumusan sebagai berikut:

$$fit = \left[1 - \frac{||y - \hat{y}||}{||y - \text{mean}(y)||} \right] \quad (2.4)$$

Dimana: y = data validasi *output*

\hat{y} = respon *output* dari sistem

2.8.5 Validasi Model

Validasi model setelah memperoleh estimasi pemodelan dengan parameter tertentu, selanjutnya data divalidasi dalam berbagai cara. Dalam hal ini menggunakan model *validity criterion*, *Pole-Zero plot*, *Bode Diagram*, *Residual Analysis* dan simulasi. Sesuai dengan proses identifikasi standar, semua ini digunakan untuk memperoleh hasil pemodelan yang akurat.

2.9 Kontrol Proportional Integral Derivative (PID)

Kontrol PID sendiri terdiri dari tiga parameter pengaturan yaitu kontrol P (*Proportional*), D (*Derivative*), I (*Integral*). Kontrol *proportional* memberi pengaruh langsung pada *error*. Semakin besar *error*, maka semakin besar sinyal kendali yang dihasilkan oleh kontroler. Adapun persamaan dari kontrol *proportional* seperti pada persamaan (2.5).

$$U_p(t) = K_p e(t) \quad (2.5)$$

Dimana, K_p adalah konstanta *proportional* dan $e(t)$ adalah nilai *error*. Nilai *error* didapat dari nilai *setpoint* dikurangi nilai *output* dari pada sistem. Kontrol *Integral* memiliki karakteristik mengurangi waktu naik, menambah *overshoot* (lewatan maksimum) dan waktu turun, serta menghilangkan *steady state error* (kesalahan keadaan tunak). Persamaan dari kontrol *Integral* seperti pada persamaan (2.6).

$$U_I(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad (2.6)$$

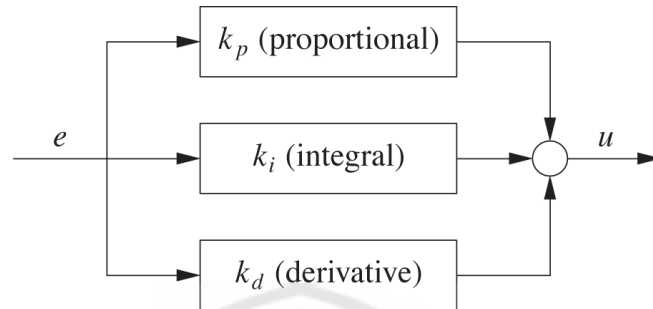
Dimana K_i adalah konstanta *integral*. Kontrol *Derivative* akan memberikan efek meningkatkan stabilitas sistem, mengurangi *overshoot* dan meningkatkan *steady state error*. Persamaan dari kontrol *Derivative* seperti pada persamaan (2.7).

$$U_D(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.7)$$

Dimana K_d adalah konstanta *derivative*. Agar kita mendapat hasil *output* dengan waktu naik yang tinggi dan *error* yang kecil, maka dapat digunakan

gabungan dari kontrol *Proportional*, *Derivative*, dan *Integral* menjadi kontrol PID. Persamaan dari kontrol PID seperti pada persamaan (2.8).

$$U_{PID}(t) = U_P(t) + U_I(t) + U_D(t) \quad (2.8)$$



Gambar 2.9 Kendali PID

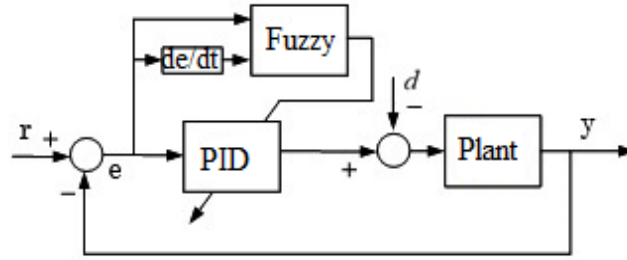
Pada Gambar 2.9 menunjukkan skema kontrol PID dan pengaruh PID pada respon keluaran sistem dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Pengaruh PID Pada Waktu Naik, *Overshoot*, Waktu Turun dan Kesalahan Keadaan Tunak

Tanggapan Loop Tertutup	Waktu Naik	<i>Overshoot</i>	Waktu Turun	Kesalahan Keadaan Tunak
Proporsional (Kp)	Menurun	Meningkat	Perubahan Kecil	Menurun
Integral (Ki)	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang
Derivative (Kd)	Perubahan Kecil	Menurun	Menurun	Perubahan Kecil

2.10 Kontrol *Fuzzy* PID

Fuzzy PID adalah suatu teknik kontrol kombinasi antara kontrol *fuzzy* dan kontrol PID. Pada kontrol *fuzzy* PID ini parameter Kp, Ki dan Kd pada kontrol PID diatur menggunakan kontrol *fuzzy*. Dengan demikian parameter dari kontrol PID dapat beradaptasi dengan kondisi *plant* yang dapat berubah-ubah. Pengaturan parameter PID dengan *fuzzy* ini diharapkan dapat lebih akurat dalam memberi sinyal kontrol kepada *plant* agar *plant* dapat mencapai titik *setpoint* dan titik stabil dengan lebih baik. Struktur dari *fuzzy* PID dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Blok kontrol Fuzzy PID

$$K'_p = \frac{K_p - K_{p \min}}{K_{p \max} - K_{p \min}} \quad (2.9)$$

$$K'_i = \frac{K_i - K_{i \min}}{K_{i \max} - K_{i \min}} \quad (2.10)$$

$$K'_d = \frac{K_d - K_{d \min}}{K_{d \max} - K_{d \min}} \quad (2.11)$$

Persamaan (2.9), (2.10), dan (2.11) menunjukkan bagaimana pengaturan pembaharuan parameter kontrol PID pada kontrol *fuzzy* PID. Dengan pembaharuan parameter tersebut diharapkan dapat membuat sistem kontrol *fuzzy* PID lebih kokoh dan handal dalam mengontrol suatu sistem.

2.11 Tinjauan Penelitian Sebelumnya

Sebagai referensi pada penelitian ini digunakan sumber-sumber referensi baik dari jurnal dan buku teks. Penelitian tentang pengaturan *heat exchanger* sudah banyak dilakukan dengan berbagai teknik kontrol yang digunakan. Penelitian yang dilakukan oleh (Ismail dkk, 2015) yang membahas tentang meningkatkan performa kontrol *heat exchanger* dengan sirkuit kontrol yang lebih baik. Penelitian lain yang membahas tentang pengaturan *heat exchanger* juga diangkat oleh (Amri dan Suprpto, 2014) yang menggunakan *feedforward* dan PID pada pengendali suhu *heat exchanger*.

Adapun teknik kontrol pada penelitian ini seperti pada rumusan masalah yang terdapat pada bab sebelumnya. Penggunaan teknik kontrol tersebut tak lepas dari literatur dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan. Literatur yang menjadi acuan dalam penelitian saya kali ini antara lain, penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu (Ismail dkk, 2015), (Amri dan Suprpto, 2014) dan (Zulaftman dan Rahmat, 2009) dengan teknik kontrol *self-tuning fuzzy* PID.